

DIALOG(R)File 352:Derwent WPI  
(c) 2004 Thomson Derwent. All rts. reserv.

010200092      **\*\*Image available\*\***

WPI Acc No: 1995-101346/199514

XRAM Acc No: C95-046148

XRPX Acc No: N95-079995

**Plasma processing method - involves supplying working gas between wire or  
needle electrodes controlled in three dimensional positions**

Patent Assignee: INR KENKYUSHO KK (INRK-N)

Number of Countries: 001    Number of Patents: 002

Patent Family:

Patent No	Kind	Date	Applicat No	Kind	Date	Week
JP 7024579	A	19950127	JP 93153547	A	19930624	199514    B
JP 3305425	B2	20020722	JP 93153547	A	19930624	200254

Priority Applications (No Type Date): JP 93153547 A 19930624

Patent Details:

Patent No	Kind	Lan Pg	Main IPC	Filing Notes
JP 7024579	A		7 B23K-010/00	
JP 3305425	B2		7 B23K-010/00	Previous Publ. patent JP 7024579

Abstract (Basic): JP 7024579 A

Wire electrodes or needle electrodes facing processing surfaces in a small chamber are controlled in their two dimensional or three dimensional relative positions numerically. Removal, diffusion, and sepn. of material are performed by generating plasma restricted in very small regions by applying a high voltage while supplying working gas between electrodes and substrates.

ADVANTAGE - Various processes such as removal, sepn. and diffusion can be applied continuously by selecting and controlling the working gases and discharging conditions.

Dwg.1/5

Title Terms: PLASMA; PROCESS; METHOD; SUPPLY; WORK; GAS; WIRE; NEEDLE;  
ELECTRODE; CONTROL; THREE; DIMENSION; POSITION

Derwent Class: M23; P55; U11; X14

International Patent Class (Main): B23K-010/00

International Patent Class (Additional): H01L-021/304; H01L-021/3065;  
H05H-001/32

File Segment: CPI; EPI; EngPI

DIALOG(R)File 347:JAPIO

(c) 2004 JPO & JAPIO. All rts. reserv.

04703979      **\*\*Image available\*\***

**METHOD FOR PLASMA MACHINING**

**PUB. NO.:**      **07-024579 [JP 7024579 A]**

**PUBLISHED:**      **January 27, 1995 (19950127)**

**INVENTOR(s):**      **INOUE KIYOSHI**

**APPLICANT(s):** **I N R KENKYUSHO KK [000000] (A Japanese Company or Corporation), JP (Japan)**

**APPL. NO.:**      **05-153547 [JP 93153547]**

**FILED:**      **June 24, 1993 (19930624)**

**INTL CLASS:**      **[6] B23K-010/00; H01L-021/304; H01L-021/3065; H05H-001/32**

**JAPIO CLASS:**      **12.5 (METALS -- Working); 41.4 (MATERIALS -- Magnetic Materials); 42.2 (ELECTRONICS -- Solid State Components); 42.3 (ELECTRONICS -- Electron Tubes)**

**JAPIO KEYWORD:****R004 (PLASMA)**

**ABSTRACT**

**PURPOSE:** To machine a work in a two-dimensional manner by arranging the edge of a fine wire-shaped electrode opposite to the part to be machined of the work, feeding the machining gas thereto, and applying the voltage to generate the plasma while the relative position of the electrode and the work is numerically controlled.

**CONSTITUTION:** The surface removal machining is executed on the Si substrate by using the machining gas where CF(sub 4) gas is contained and the balance is composed of Ar gas. When a wire electrode 5 of square shape is reciprocated along the surface 7 to be machined at the prescribed speed. CF(sub 4)H is made to plasma, F ion is generated, and the surface removal machining of the surface to be machined is executed at the prescribed speed. This method can be applied to the piercing, the grooving and the finishing of the surface, and the oxidation layer can be formed on the surface of the Si substrate by replacing the machining gas with O(sub 2) gas. Diffusion and precipitation of the ion and radicals can be achieved, and the removed components can be discharged and collected by the carrier gas. This constitution realizes a simple manufacturing process, reduces the cost, and saves the amount of materials to be used.

(19) 日本国特許庁 (J P)

(12) 公開特許公報 (A)

(11) 特許出願公開番号

特開平7-24579

(43) 公開日 平成7年(1995)1月27日

(51) Int. Cl.<sup>6</sup>  
 B23K 10/00  
 H01L 21/304  
 21/3065

識別記号  
 502 A 8315-4E  
 B 8315-4E  
 321 Z

F I

H01L 21/302

C

審査請求 未請求 請求項の数 8 O L (全7頁) 最終頁に続く

(21) 出願番号 特願平5-153547  
 (22) 出願日 平成5年(1993)6月24日

(71) 出願人 390012612  
 株式会社アイ・エヌ・アール研究所  
 神奈川県川崎市高津区坂戸100番地の1  
 (72) 発明者 井上 潔  
 東京都世田谷区上用賀3丁目16番7号  
 (74) 代理人 弁理士 最上 正太郎

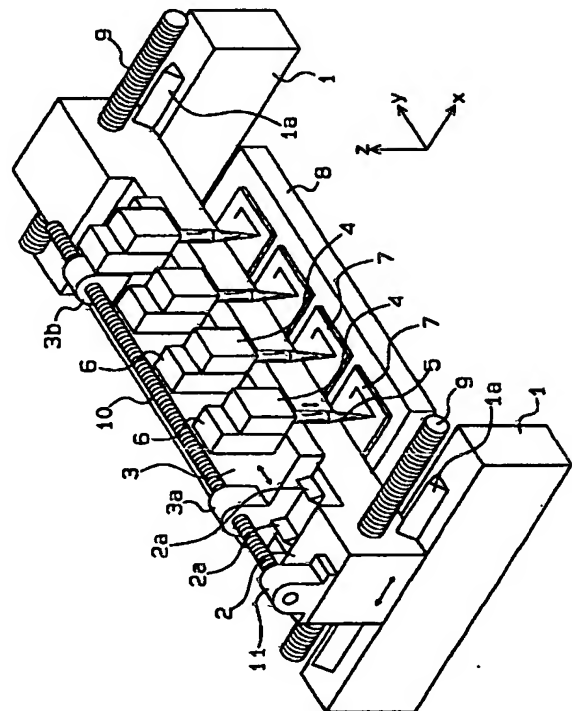
(54) 【発明の名称】 プラズマ加工方法

(57) 【要約】

【目的】 特に工程が簡略で、処理のため多量の洗浄液などを必要とせず、低コストで公害発生の恐れのない新規なプラズマ加工方法を提供する。

【構成】 線状電極、針状電極等を用い、それらを小型の無塵チャンパー内で被加工面に対向させ、両者の相対位置を二次元的又は三次元的にNC制御すると共に、その電極と基板の間に加工気体を供給しつつ高電圧を印加して、極微小領域に限定されたプラズマを発生させ、そのプラズマにより被加工面の物質除去、拡散、析出その他の加工を行ない得るようにする。

【効果】 極めて簡単な装置により、プラズマを利用して、例えば半導体、セラミックス等の絶縁体、強磁性体、高導磁率材、永久磁石材、金属等の各種材料の表面に、拡散、析出、焼結、薄膜形成等の加工を施すことができる。



## 【特許請求の範囲】

【請求項 1】電極と被加工体を対向せしめ両者間に電圧を印加してプラズマを発生させ、そのプラズマを用いて被加工体に所望の加工を行うプラズマ加工方法に於いて、電極として細線状、又は、鋭利なピンポイント若しくは鋭いエッジを有する電極を用い、その細線状電極、又は電極のピンポイント若しくはエッジを、微小間隔を介して被加工体の加工部位に対向させ、その対向部位に所望の加工ガスを供給し、かつ電極と被加工体の相対位置を数値制御しつつ、電極と被加工体の間に高電圧を印加して局所的なプラズマを発生させ、その局所的プラズマを被加工部に接触させ、所望の加工を施すことを特徴とする上記のプラズマ加工方法。

【請求項 2】磁界中でプラズマ加工を行う請求項 1 に記載の加工方法。

【請求項 3】電極として磁性材を用い、電極を介して電極先端に発生させた磁界中で加工を行う請求項 2 に記載の加工方法。

【請求項 4】加工イオン電流を所望の値に制御しながら加工する請求項 1 乃至 3 の何れか一に記載の加工方法。

【請求項 5】プラズマに加えて熱エネルギー加工も併用する請求項 1 乃至 4 の何れか一に記載の加工方法。

【請求項 6】F、B、P、As、Ga、Cu、Ni、Pt、Au、O から成る群の中から選ばれる少なくとも一種の原子を含むガスと、被加工体と反応しないキャリアガスとから成る加工ガスをを用いる請求項 1 乃至 5 の何れか一に記載の加工方法。

【請求項 7】キャリアガスが水素である請求項 6 に記載の加工方法。

【請求項 8】キャリアガスが不活性ガスである請求項 6 に記載の加工方法。

## 【発明の詳細な説明】

【0001】本発明は、プラズマを利用する各種の微細加工方法、例えば半導体、セラミックス等の絶縁体、強磁性体、高導磁率材、永久磁石材、金属等の各種材料の表面に対する拡散、析出、焼結、薄膜形成等の加工を施す方法、特に工程が簡略で、処理のため多量の洗浄液などを必要とせず、従って、低コストで公害発生の恐れのない新規なプラズマ加工方法に関する。

【0002】従来この種の加工は、大規模な減圧室内で行われ、又、加工工程が多岐にわたっており、その工程毎に多量の洗浄液を必要としている。シリコンLSIの加工を例にとって従来技術を示せば、先ず、基体に塗着したレジストフィルムに対して希望パターンを光学的に正確に転写した後、未感光部又は感光部の何れか一方を溶解除去し、レジストフィルム面に耐プラズマ性を有する画像を形成し、耐プラズマ性に乏しい部分をプラズマにより除去し、必要に応じて部分的に析出、拡散加工を施した後、その表面に保護と絶縁のため酸化層を形成して絶縁する。

【0003】この工程では、製品は一つ一つかつ並列的アナログ的に加工（除去、拡散、析出加工）され、各工程毎に洗浄浄化を繰り返しつつ加工されるものである。即ち、基板を製造するため、素材となる単結晶をIDカッターでスライスし、これを切削液中でラッピングし、更にエッチング加工を行うが、その各工程の前後で洗浄、浄化処理が繰り返される。又、これらは無塵室で行われるため、大型で高性能のフィルターを必要とし、このフィルターを通して大量の空気を循環させるため大量のエネルギーが消費されている。

【0004】又更に、洗浄のため、環境に有害なフロンが用いられ、又、水を用いる場合でも、1MQcmオーダーの高品位の純水を大量に必要とするので、その水処理のため極めて多くのエネルギーと、危険な公害性の高い薬剤が使用されている。

【0005】又、この処理に用いられる装置も極めて高い精度が要求されるが、それらが直列的に利用されるため、各工程毎の誤差が順次重畳累積される結果となり、そのため総合的には要求される精度を得ることが困難である。

【0006】例えば、これらの半導体基板の表面の平坦度は、局部的にはnmオーダー、基板全体では0.1μmオーダーとすることが要求されているが、現在の方式ではいずれもμmオーダーが限界である。これ以上の精度を要求すれば、コストが飛躍的に増大し、実用的なコストで大量の製品を供給することが不可能となるのでこのオーダーで利用されている。特に多重積層型LSIの場合に於いてはこの精度が問題となるっているが、現在この問題の完全な解決法は提案されていない。

【0007】本発明は叙上の問題点を解決するためなされたものであり、本発明によるときは、イオン、ラジカルを任意に使い分け、極めて単純な工程で、かつ、最少の洗浄工程で、金属、セラミックス、半導体、プラスチックその他の物質を任意に加工することができるものである。

【0008】荒加工にはイオン、多価イオン、混合イオンを、微細加工にはラジカルを用いて、加工ガスの噴流と磁界によるサイクロトロン作用を利用してプラズマ加工をするが、いずれの場合でも加工される部位及び範囲が正確に制御されるので、高い精度で加工が可能となり、更にイオン放電による析出や、析出したものを基板内部に拡散させる等々任意の加工が可能となる。従来はかかる加工（除去、析出、拡散）に於いては、基板材料は多岐に渡る複雑な工程を必要としていた。

【0009】本発明は、線状電極、針状電極等を用い、それらを小型の無塵チャンバー内で基板に対向させ、両者の相対位置を二次元的又は三次元的にNC制御すると共に、その電極と基板の間に加工ガスを供給しつつ高電圧を印加して、極微小領域に限定されたプラズマを発生させ、そのプラズマにより基板表面の物質除去、拡散、

析出等の加工をするようにするものである。尚、プラズマによる加工と共に、熱拡散や電磁波照射拡散等も併用して差し支えない。

【0010】而して、加工に必要なエネルギー量を、例えばプラズマ電流や発生音等を利用して計測し、制御する。このようにすると、製造中の様子がリアルタイムで判定できるので、NCによる電極位置のデジタル制御が可能となる。

【0011】このように、本発明では、プラズマ電流などをパラメーターとしてプラズマエネルギーを制御し、電極と被加工体との相対位置を制御し、単一の工程で析出、除去、拡散等の加工を行うものである。

【0012】電極としては、さまざまな形状寸法のワイヤー型やニードル型等の電極が用いられる。それらの電極は自動電極交換装置により用途に応じて適宜に組み合わせられ、使用される。又、加工の目的に応じて、電極先端と被加工体の間に加工に必要な加工ガスを供給するように構成する。

【0013】又更に、マイクロウェーブ、超短波、パルス等による加熱加工手段を併用することが推奨される。高周波電界（磁界）では核や電子が拘束されて歪みを生じるので、これを加工のため有効に利用することができる。一般的には $\mu s$ 以下の半波若しくはパルスを利用することが推奨される。

【0014】マイクロウェーブ、超短波等に於いては、プラズマ発生と同調させ、加工部分近くに配置した電極に電力を供給し、プラズマを限定部分のみに発生させるようにして、プラズマの位置を制御し、所望の加工目的を達成する。この場合の制御は音響学的に行うこと、即ち、加工に伴って発生する超音波を検出し、そのスペクトル分析を行い、その結果に基づいて加工状況を判定し、プラズマ電圧や加工速度を制御することが推奨される。

【0015】又、パルス電圧を用いて加工する場合は、電極近くでパルス電磁界によって部分プラズマを発生させ、そのときのプラズマエネルギーを十分に制御し、加工を行わせ、同時にプラズマより生じたイオン、ラジカルを利用するものである。

【0016】マイクロウェーブ、超短波、パルスは共に電力に比例した反応イオン、ラジカルを生じるので、その電力を測定すれば、それらによる加工量を知ることができる。又、それらの加工量は、加工直後に発生する電子の密度を測定して判定することができるものである。又、マクロ的には、電磁波の反射を検知することにより加工処理面を検出することも可能である。

【0017】又、本発明方法を実施する場合は、加工ガスとしてハロゲン化物を用い、ハロゲンプラズマを発生させ、その高い反応性を利用することが推奨される。又更に、加工雰囲気中のプラズマ組成粒子のミーンフリーパスを制御し、これを一定の範囲に保ち、これによりプ

ラズマにより生じたイオン、イオンクラスター、ラジカル、ラジカルクラスターの有効領域を確実に制御する。

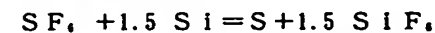
【0018】又、ドリフトを制御するため、プラズマ生成エネルギーを制御し、プラズマと被加工体の相対位置をNC制御し、前述の音響学的手段、光学的手段、電磁的手段等によりその加工状態を正確に判定し、 $\mu m$ オーダーの（結晶的、原子的）浄化面を得るようにする。このようにすれば、任意の材料の加工が可能となり、あらゆる微細加工を精密に行い得るようになる。

【0019】又、必要な部分にプラズマを集束するために、磁界との相互作用を利用することが望ましい。このため、電極自体を磁極として利用してサイクロトロン集束を行わせることが推奨される。又、プラズマ電流と共に、供給する反応ガス（主としてハロゲン化物）の流量を正確に制御することにより、容易に加工の目的を達成し得る。

【0020】このように本発明は、線状、板状、針状等の鋭利なピンポイント又は鋭いエッジを有する電極を用い、その被加工体と対向する鋭利なピンポイント又は鋭いエッジの部分にプラズマを発生させ、被加工面に直接に作用させ、被加工体を二次元的又は三次元的に成形加工することができるようにするものである。

【0021】一つの分子（含ハロゲン）を分解して、反応基を加工物固体の近くに生成すれば、その反応基と被加工体の位置関係によって加工が行われるので、プラズマの有効領域によって加工精度が定まる。従って高精度で加工を行うためには、基板の表面からプラズマ組成粒子の平均自由行程 $L$ の範囲内に反応基を生成しなければならない。平均自由行程 $L$ は、プラズマ組成粒子の質量と速度（温度）とが一定であれば、その圧力に逆比例するものである。

【0022】本発明に於いては、比較的低真空で加工ガスを供給し、プラズマ組成粒子の平均自由行程 $L$ を短くし、その代わりに、先鋭な電極を使用すると共に、高電圧を印加して極めて微小な範囲にプラズマを発生させ、これを被加工面に接触させ、プラズマ加工を行うものである。例えば、加工ガスとして $SF_6$ を用い、 $Si$ を加工した場合には、



となり、 $Si$ が除去されることになる。

【0023】勿論、 $CF_4$ を用いても同様な加工を行うことができる。又、電圧を高くすればより高速でイオン加工を施すことができる。更に本発明の重要な特徴の一つは、一般のFプラズマ中のイオン若しくは中性子の平均粒子密度は $10^{11}/m^3$ 程度であり、従って、相当の高速で加工が進行することである。

【0024】又、本発明の一実施例に於いては、磁界中でプラズマを発生させ、これを加工に利用する。そのため、電極或いはそのホルダーを強磁性体又は高透磁率材料で製造し、これらを励磁してプラズマ発生領域に強い

磁界を発生させる。然るときは、初めに放出された電子がイオンと衝突してプラズマを発生するとき、電子はサイクロトロン作用を受け、円運動を生じて反応を安定に保つ。

【0025】1KG程度の磁界をかけ、イオン密度を $10^{10} \sim 10^{12} / \text{m}^3$ に保持すると、プラズマの形状、寸法が正確に保たれ、高速、高精度で加工することができる。被加工面のイオン発生源より遠い位置にある部分は、イオンの入射角が小さくなるので、一定の範囲外では反応が微弱となり、余分な加工が進行しないよう

【0026】イオンの入射エネルギーを適切に制御すれば、そのレベルに応じて、スパッター加工（デポジション析出）や除去加工が実行でき、更に、拡散、加熱加工をすることができるものである。そして、入射エネルギーを正確に制御すれば、加工量、除去量を正確に制御できるので、被加工面に供給されるエネルギーとそこから放出されるエネルギーが均衡する場合には、原料に全く歪を与えることなく加工することを得るものである。

【0027】加工に利用されるガスは、He、Ar等の不活性ガス、又は、 $\text{H}_2$ をキャリアーガスとし、これにF、B、P、As、Ga、Cu、Ni、Pt、Au、Oから成る群の中から選ばれる少なくとも一種の原子を含むガス、例えば、 $\text{CF}_4$ 、 $\text{BF}_3$ 、 $\text{NF}_3$ 、 $\text{SF}_6$ 、 $\text{CCl}_4$ 、 $\text{Cl}_2$ 、 $\text{F}_2$ 、 $\text{HF}$ 、 $\text{HCl}$ 、 $\text{O}_2$ 、 $\text{O}_3$ 等の加工ガスを混合したものである。

【0028】拡散加工用としては、硼素系の $\text{B}_2$ 、 $\text{H}_2$ 、 $\text{BF}_3$ 等が用いられ、析出拡散用としては、 $\text{PH}_3$ 、 $\text{AsH}_3$ 、 $\text{BH}_3$ 等が用いられ、更に用途に応じて、 $\text{SiH}_4$ 、 $\text{NH}_3$ 、 $\text{SiH}_2\text{Cl}_2$ 、 $\text{SO}_2$ 、 $\text{H}_2$ 、 $\text{N}_2$ 、 $\text{O}_2$ 、 $\text{NF}_3$ 、テトライソプロポキシチタン、ヘキサフルオロアセチルアセトネイ Cu (HFA)、Cu (PPM)、Cu (ACAC)、Si ( $\text{OC}_2\text{H}_5$ )、などが用いられる。

【0029】以下、図面により本発明の実施に用いる装置、実施方法等に就いて説明する。図1は本発明に係るプラズマ加工方法を実施する装置の主要部の構成例を示す斜視図、図2はワイヤ電極装置の一例を示す断面図、図3はピンポイント電極装置の一例を示す断面図、図4は、ワイヤ電極の周囲に発生させたプラズマを用いて半導体の表面をスクライビングし、研磨する状態を示す説明図、図5は図4に示した加工工程中に溝加工を施す方法を示す説明図である。

【0030】図1に示した装置は、図示されていない無塵の加工室内に他の付属装置、即ち電極自動交換装置、加工ガス供給装置、電源装置などと共に設置されており、その加工室には更に発生ガスの排出、回収装置、被加工体の搬入、搬出装置、などが付設されており、且つ加工室内部には、所望の組成、圧力及び温度を有する加工ガスが満たされている。

【0031】図中、1、1はx軸に平行に設けられた一対の主桁、2は一対の主桁1、1上にそれぞれ設けた案内1a、1aに載せられ、x軸方向にスライドし得る横桁、3は横桁2の上に設けた一対の案内2a、2aの上に載せられy軸方向にスライドし得るテーブル、4、4はそれぞれ所望の電極5、5を保持する電極ユニット、6、6はテーブル3の上に整列して設けられ電極ユニット5、5を昇降自在に保持する電極ユニット取付コラム、7、7は半導体等の被加工体、8は被加工体7、7を取り付ける作業テーブル、9、9は横桁2、2をX軸方向に加工送りする送りねじ、10はテーブル3をY軸方向に加工送りする送りねじ、11は送り螺子10の一端を支持するプランマブロックである。

【0032】一対の主桁1、1は加工室に設けた基台の上に、相対向してX軸に平行に設けられる。主桁1、1の上面にはそれぞれスライドガイド1a、1aが設けられており、その上に横桁2が搭載され、横桁2は同期して回転する一対の送りねじ9、9によりX軸方向に加工送りさる。

【0033】横桁2の上面には一対のスライドガイド2a、2aがY軸に平行に設けられており、それら一対のスライドガイド2a、2aの上にはテーブル3が設けられ、テーブル3は送りねじ10によりY軸方向に加工送りされている。テーブル3の端縁部には、複数の電極ユニット取付コラム6、6が設けられており、各電極ユニット取付コラム6、6にはそれぞれ電極ユニット4、4が着脱自在、昇降自在に取付けられている。

【0034】尚、送りねじ9、9を支持するプランマブロックおよびそれらを回動せしめるモーター、並びに、送りねじ10の駆動モーター及び駆動モーター側のプランマブロック等は図を簡略にするため省略されている。電極ユニットの構成例は、図2及び3に示されている。

【0035】図2に示したものは、細いワイヤ電極を用いるものである。図中、21はケーシング、22はワイヤ電極、23及び24は電極22の端部を把持するコレットである。ケーシング21は下部に開口を有する碗状の主体部に、取付用シャンク部兼ガス供給管接続部21aを設け、更に電極コレット231、241を取り付けるためのねじ孔を設けて成る。

【0036】取付柄用シャンク兼ガス供給管接続部21aは、図1に示した電極ユニット取付コラム6に設けたソケットに挿入され、機械的に保持されると共に、加工ガス供給源に接続される。一対の電極コレット231、241は同軸に設けられており、その内部に電極22が挿通され、コレットナット232、242で締め付けられて、電極22を保持する。233及び243は張力用の締付ナットである。

【0037】又、一方のコレット242は一方が締付用袋ナット部24a、他の一方が受電用テーパージャック部24bとなっており、装置が電極ユニット取付コラム6に取



付けられたときは、そのカラムに設けたソケットに接続され、給電を受けられるように構成されている。

【0038】図3に示したユニットは、ペンシル状のピンポイント電極を使用するものである。図中、31は下部ケーシング、32は上部ケーシング、33はキャップ、34は電極、35はコレット、36はソケット、37及び38はスプリング、39は高透磁率材料から成るコレット操作管、40は励磁コイル、41はソケットである。下部ケーシング31は取付用シャンク部兼ガス供給管接続部31aを有し、且つコレット35の下端が挿通される孔31bと、その孔31bの周囲に配置された複数のガス噴出孔31cとを有する。

【0039】コレット35は操作管39により操作され、電極34は必要に応じて必要長さだけ押し出され、図示されていない装置によりその先端が研磨される。この装置が電極ユニット取付カラム6に取付けられたときは、前記のユニットと同様にガス源及び電源に接続される。これらの電極ユニットは、電極交換装置に多数ストックされており、制御コンピュータの指令に応じて適宜に取り出され、電極ユニット取付カラム6に装着される。

【0040】再び図1に戻ると、横桁2及びテーブル3を加工送りする送りねじ9及び10は、中央制御コンピュータの指令により回転し、横桁2及びテーブル3に所望の加工送りを与え、又、電極ユニット取付カラム6、6は同じく中央制御コンピュータの指令により電極ユニット4、4を昇降せしめ、かつ中央制御コンピュータは更に電極ユニットに供給するプラズマ発生用の電力、加工ガスの組成及び供給量、磁界発生用の電力を制御し、被加工体7、7に所望の加工を施すものである。

#### 【0041】

【実施例】以下、上記の装置を用いて、加工を施す例を示す。CF<sub>4</sub>ガスを容積濃度で4%含有し、残部がArガスから成る加工ガスを用いて、0.3mmφのピアノ線を加工用電極とし、100MHz、3Aの電流を流して、Si基板に表面除去加工を施した。

【0042】加工面は正方形で、加工面積は3cm<sup>2</sup>、電流密度は1A/cm<sup>2</sup>であった。ワイヤ電極を1m/minの速度で、被加工面に沿って往復移動させたとき、CF<sub>4</sub>、Hプラズマ化され、F<sup>+</sup>が発生し、毎分0.23mgの除去加工がなされた。これは0.1mm/minの加工量に相当する。この加工方法は、穿孔加工、溝加工、面の仕上加工に利用できるものである。又、加工ガスをO<sub>2</sub>に替え、上記同様な条件で処理を施すとSi基板表面に酸化層を形成することができる。

【0043】又、加工ガスの組成と、プラズマの被加工面に対する電極の相対位置と、プラズマエネルギーの制御レベルを適切に選択すれば、上記の装置を用いてイオン、ラジカルの拡散、析出加工を行うことができ、除去と同量の析出が可能となり、除去された成分は、キャリアーガスによって排出、回収することができる。

【0044】一般的には、10eV以下で析出加工が行わ

れ、100eV以上程度では拡散加工が可能となり、KeVでは除去加工ができるようになる。従って、電極自動交換装置により適切な電極を自動交換しつつ、これらの加工条件を適切に切替え、連続的に所望の加工を施すことにより、半導体基板上に所望の集積回路を形成することが可能である。

【0045】電極を移動させながら行った実施例について説明を加える。尚、実験結果の測定が不十分な部分についてはコンピューターシミュレーションによって補っている。

【0046】比抵抗10ΩcmのSi材に対して、表面荒さ1μR<sub>max</sub>にダイヤモンド加工した端面を持った材料を18μΩの純粋で洗浄処理し、乾燥を兼ねた表面に30nm程度のSiO<sub>2</sub>層を形成し、無塵加工室内で、0.5/m<sup>3</sup>以下の無塵純Ar気流中に挿し、このSi材料を移動装置により側面チャックで固定して種々な加工を施した。ピアノ線は、0.5mmφ、抗張力120kg/mm<sup>2</sup>の純化材(99.99%)を利用し、2m/minで移動させた。

【0047】このワイヤー両側をルビーダイスで支え、15kgの張力を掛けて張った。加工ガスの圧力を0.9~1.2atmの範囲内で変化できるように構成し、その制御系の応答特定数を0.3secとした。プラズマ電源としては、100W~100MHzの高周波電源と、パルス幅0.2μs~0.8μs、ピーク電圧800Vのパルス電源を用いた。パルスの繰り返し周波数をkHzとし、供給ガスは総量を制御した。又、ブロワーを設けて、使用済の排気を排出処理するように構成した。

【0048】ガスの供給側と排気側の間にシャッターをつけて開閉できるようにした。さらに、着磁電源としてピーク電流30Aで4K0eのパルス磁界発生装置を用いた。又、流れを超音波を用いて検出し、強度と周波数を異にした数カ所の超音波音場内に、基準ガスと加工ガスを別々に供給し、その吸収スペクトルを比較して加工室内の加工ガスの組成と分圧を判定すると共に、プラズマ発生部分に供給されるガス中にも、超音波を発射しそのドップラー効果によって流速を検出する装置を設けた。

【0049】プラズマ電流の変化、加工に伴って発生する超音波を検出し、加工間隙を制御すると共に、供給ガスの組成、圧力及び流量を制御できるようにするため各成分ガスの供給源に流量制御用のフラッパーノズルを設け、これらをコンピューター制御した。

【0050】図4は、ピアノ線の周囲に発生させたプラズマを用いて半導体の表面をスクライビングし、研磨する状態を示す説明図である。容積濃度4.5%のCF<sub>4</sub>と残部Arから成る1000HPaの加工ガス中で、100Wの蓄電器結合器を制御して電力を供給し、約0.5mmφのピアノ線のまわりに幅約0.1mmのプラズマを発生させた。

【0051】Si基板とこのワイヤー電力の間隙を0.05mmに保持しつつ相対的に3mm/minの速度で加工送りして、Si基板表面を0.1μR<sub>max</sub>の表面荒さに仕上げる

ことができた。更に、同じ条件で、パルス幅 $0.5 \mu s$ のパルスを使用して加工したが同様の結果が得られた。

又、図5は、ピアノ線をその周囲に発生させたプラズマを用いて半導体の表面をスクライピングし、研磨する過程で溝加工を施す方法を示す説明図である。

【0052】前述の如くして、Si基板表面を研磨する過程で、電極送りを5秒間停止すると深さ $0.15mm$ の溝加工を行うことができる。但し、この場合、電極と基板表面の間隙を $0.08mm$ とした。更に、同じ条件で、パルス幅 $0.5 \mu s$ のパルスを使用して加工したが同様の結果が得られた。

【0053】上記と同様にして、 $SiO_2$ 、Al、O<sub>2</sub>、CBN、ダイヤモンド、WC等々の単独若しくは複合体を加工することが可能である。又、ポリテトラフルオロエチレンの表面にトリメチルボロン層を形成することが可能である。この場合、トリメチルボロン3%、残部Arガスから成る加工ガスを用いて、テトラフルオロエチレンの表面をプラズマ処理する。このように処理した面をエポキシ接着剤を用いて鉄板に接着した結果、 $210kgf/cm^2$ の接着強度が得られた。

【0054】

【発明の効果】本発明は、線状電極等により局部的にプラズマを発生させ、更に必要に応じて磁界によってプラズマを制御し、このプラズマを被加工体原子に作用させて、各種加工を行うものであり、加工ガス及び放電条件

を選択、制御することにより、被加工体に連続的に、除去、析出、拡散加工を準じ施すことが可能となる。このため、製造工程が極めて単純となり、コストが低下し、かつ郊外発生のある資材の使用量を大幅に節減できる効果がある。

【図面の簡単な説明】

【図1】本発明に係るプラズマ加工方法を実施する装置の主要部の構成例を示す斜視図である。

【図2】ワイヤ電極装置の一例を示す断面図である。

【図3】ピンポイント電極装置の一例を示す断面図である。

【図4】ワイヤ電極の周囲に発生させたプラズマを用いて半導体の表面をスクライピングし、研磨する状態を示す説明図である。

【図5】図4に示した加工工程中に溝加工を施す方法を示す説明図である。

【記号の説明】1、1・・・主桁

2・・・横桁

3・・・スライドテーブル

4、4・・・電極ユニット

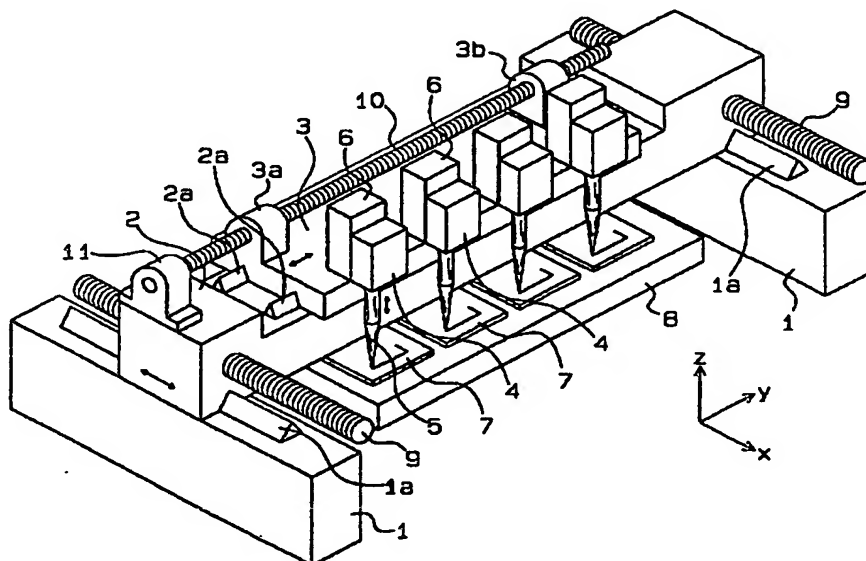
5、5・・・電極

6、6・・・電極ユニット取付コラム

7、7・・・被加工体

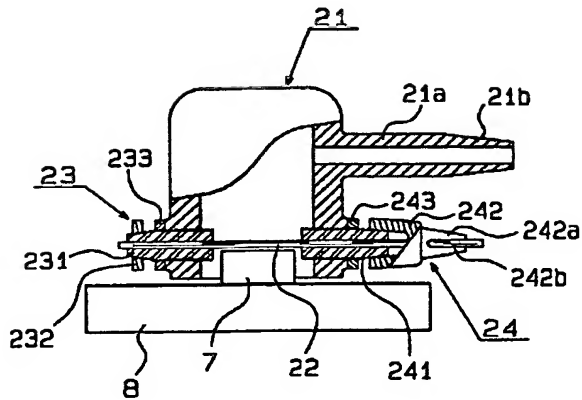
8、8・・・作業テーブル

【図1】

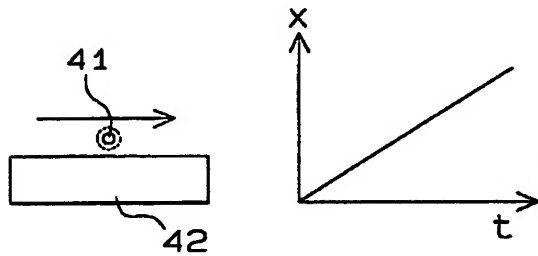




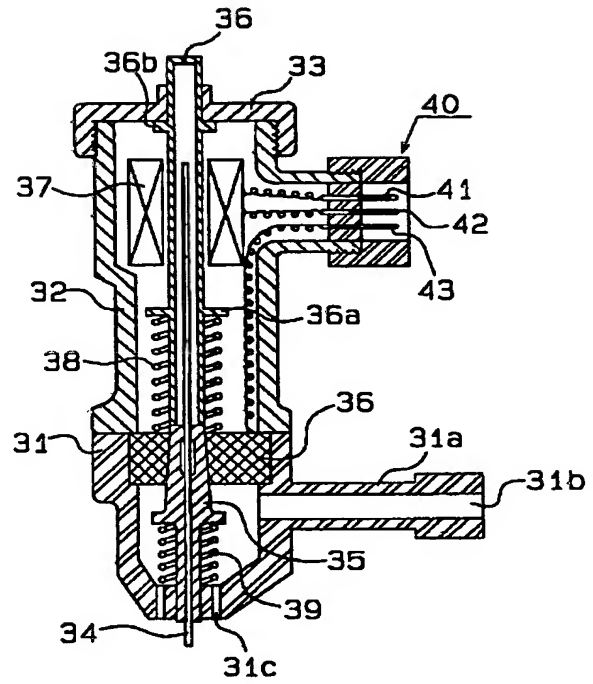
【図 2】



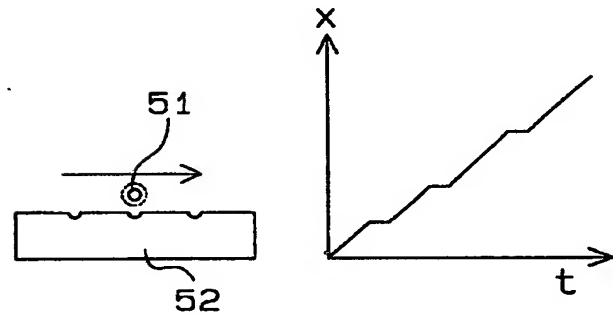
【図 4】



【図 3】



【図 5】



フロントページの続き

(51) Int. Cl.<sup>4</sup>  
H 0 5 H 1/32

識別記号

庁内整理番号  
9014-2G

F I

技術表示箇所